

➤ Intérêts du retour au sol des digestats

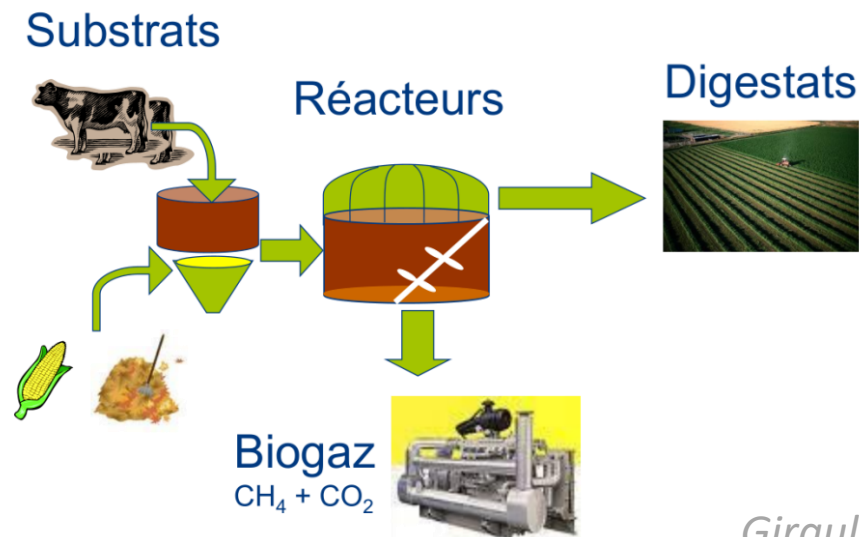
S.Houot¹, F.Levavasseur¹, A.Michaud², J. Jimenez³....

1. *INRAE, AgroParisTech, Université Paris Saclay, UMR ECOSYS, 78850 Thiverval-Grignon*
2. *INRAE, Institut Agro, UMR SAS, 35000 Rennes*
3. *INRAE, UR LBE, 11100 Narbonne*



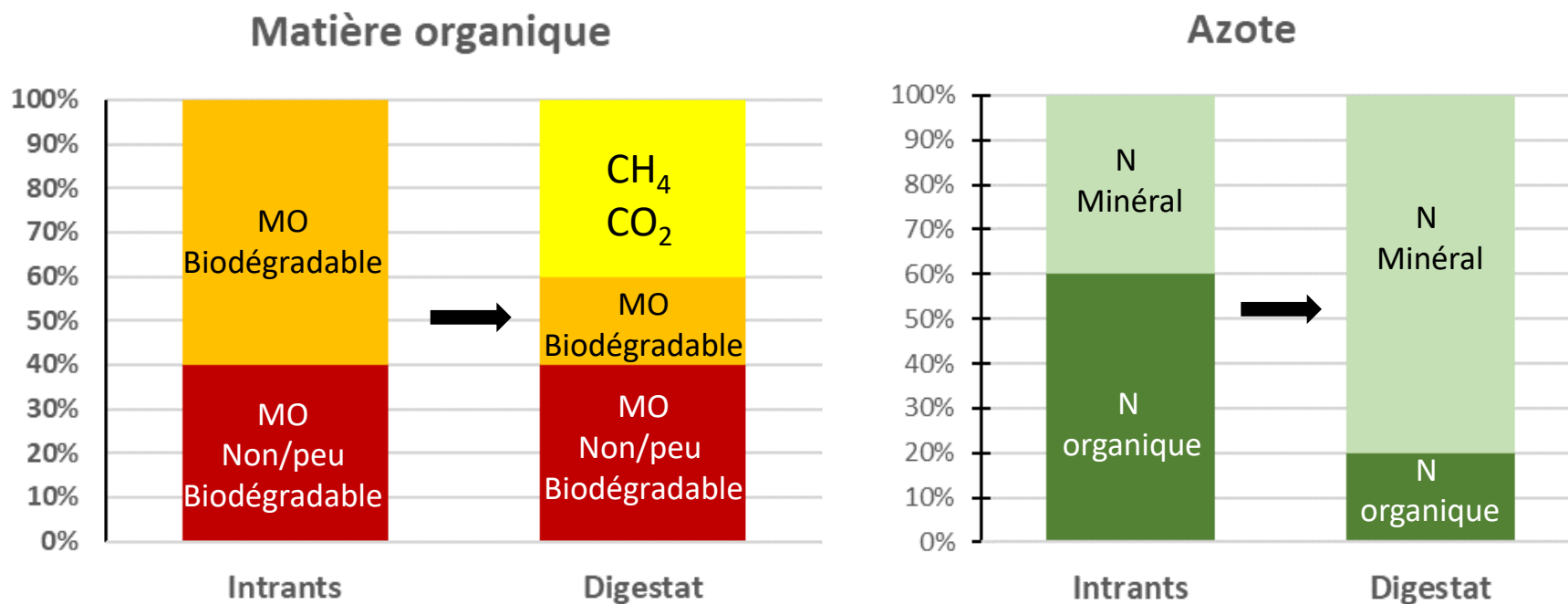
➤ Méthanisation et digestats

- Diversité des intrants: Effluents d'élevage, CIVEs, biodéchets, boues, déchets agro-industriels....
- Résidu de la méthanisation : le digestat → retour au sol
- Caractéristiques digestats: f(substrats, procédés)
- Effets au champ: f(digestat, pratiques)



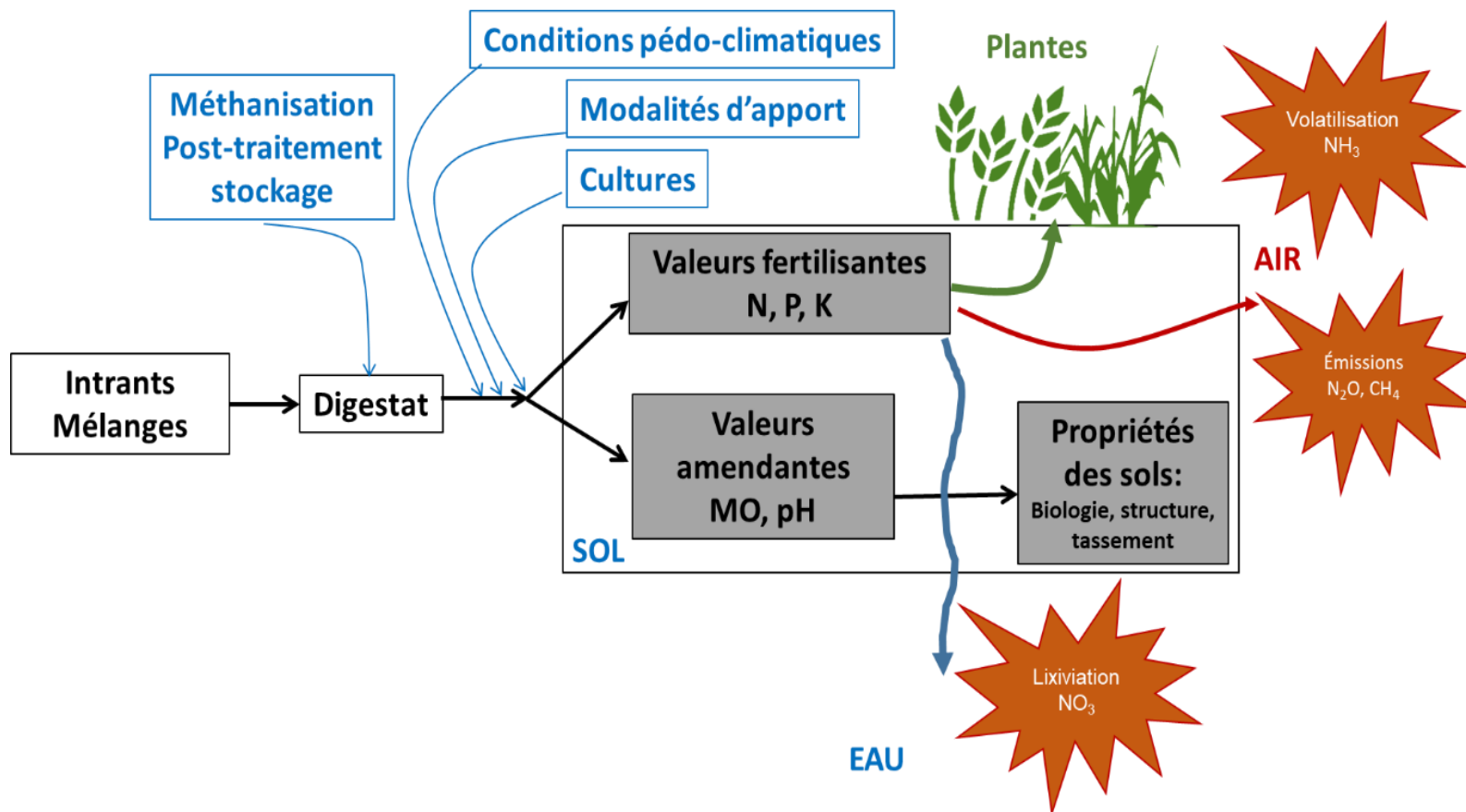
➤ Transformation de la matière au cours de la méthanisation

- Dégradation de la matière organique :
 - ↘ **matière organique** dans le digestat, mais **augmentation de la stabilité**
 - **Conservation de l'azote** dans le digestat, et ↗ **de la fraction minérale**
 - Conservation des autres éléments (P, K...)
 - Conséquences pour l'intérêt agronomique?



D'après Girault (2019)

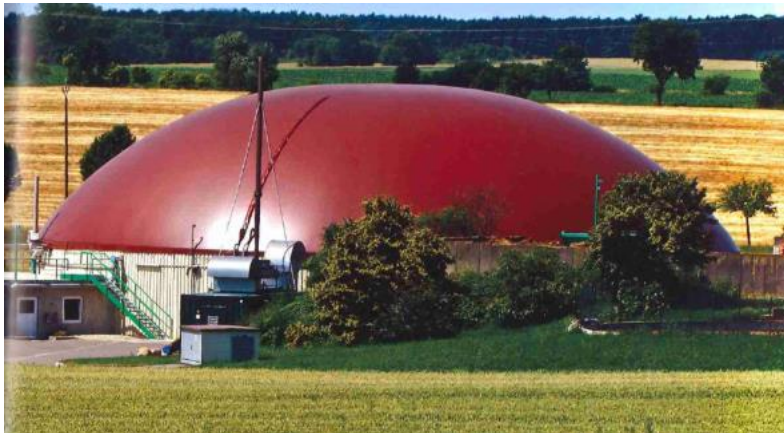
➤ Intérêts des digestats: apport de fertilisants et de matière organique



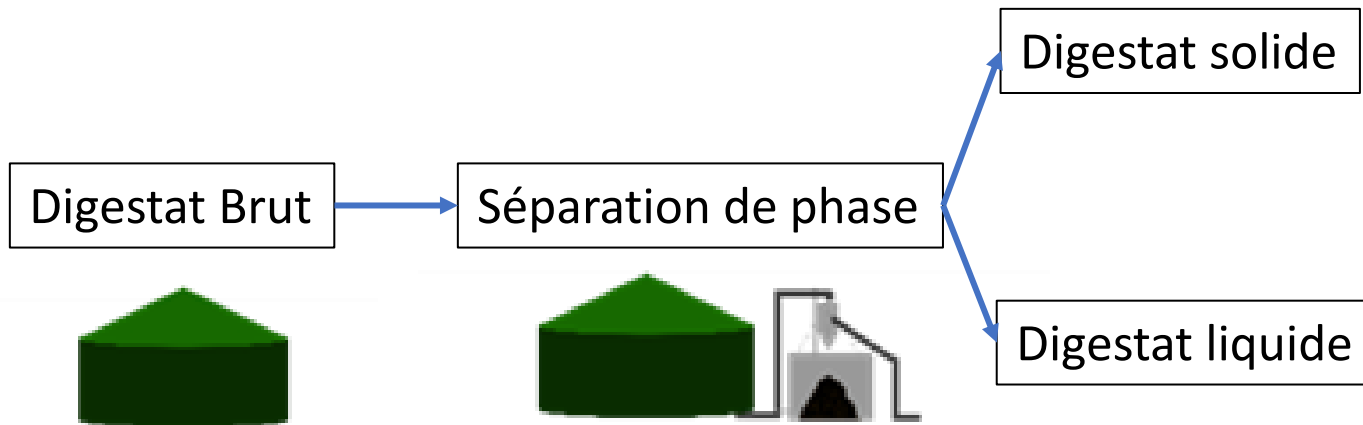
➤ Des méthanisations et des digestats

- Variabilité des process (voie humide / sèche, continue / discontinue)
- Variabilité des post-traitements (séparation de phase plus ou moins poussée)
- Variabilité des intrants (effluents d'élevage, CIVEs, déchets agro-industriels, boue STEP...)

→ **Grande diversité des digestats**

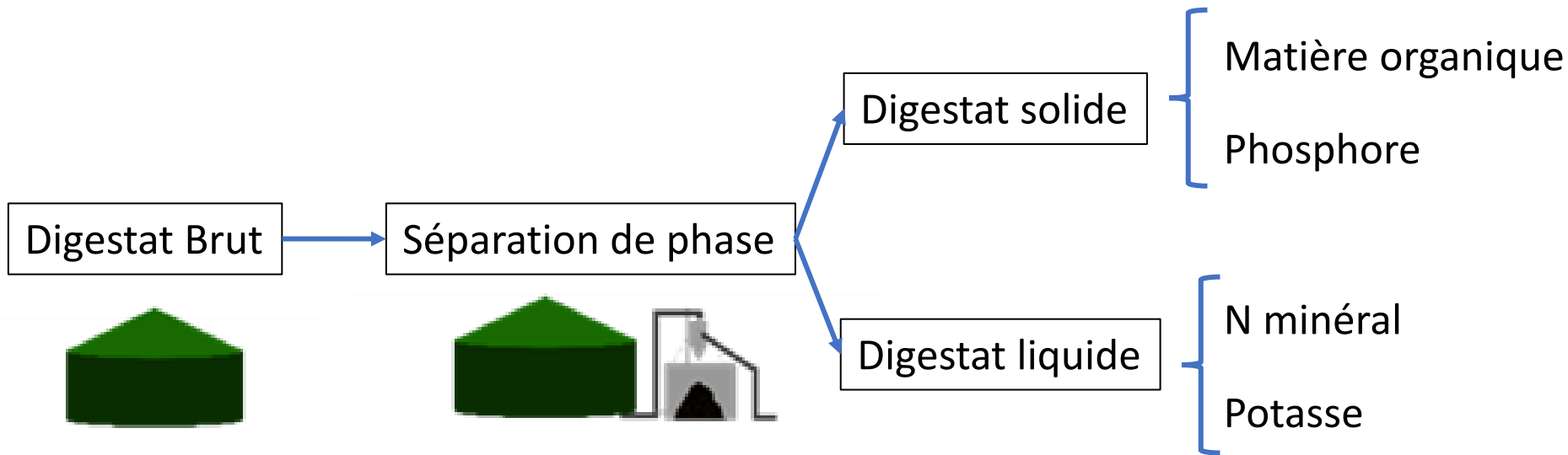


➤ Séparation de phase



- Centrifugation >> presse à vis

➤ Séparation de phase



- Centrifugation >> presse à vis

> Classes de digestats

Digestats bruts AAMF

Classe **Intrants**

1 **Fumiers**+Vgtx

2 **Fumiers** + Vgtx+ Lisier Rum.

3 **Fumiers**

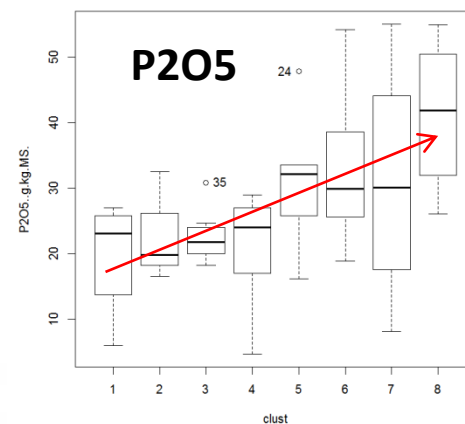
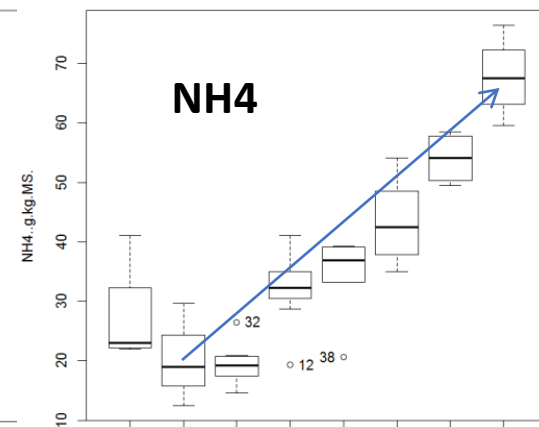
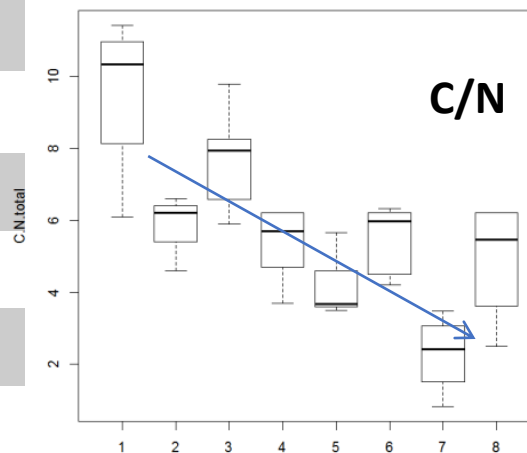
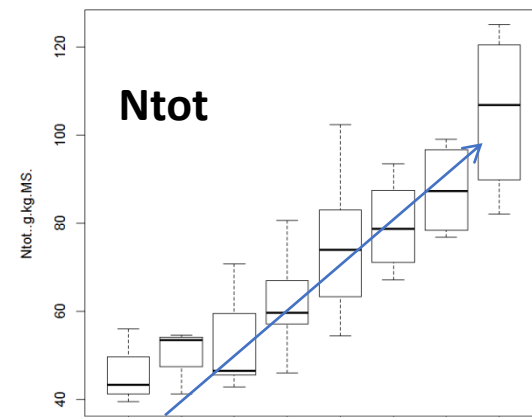
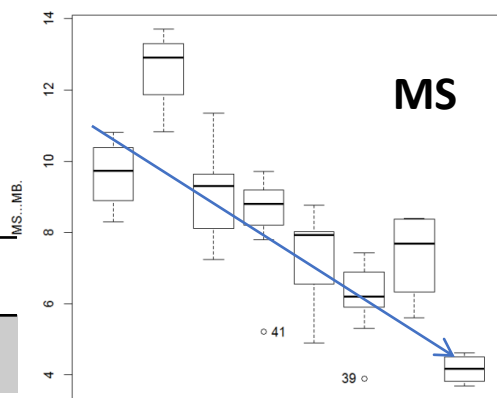
4 **Lisier Ruminant**

5 **Lisier NR** + Biodéchets

6 **Lisier NR**

7 Lisier Ruminant + **Graisse**

8 Lisier NR+ **Graisse**

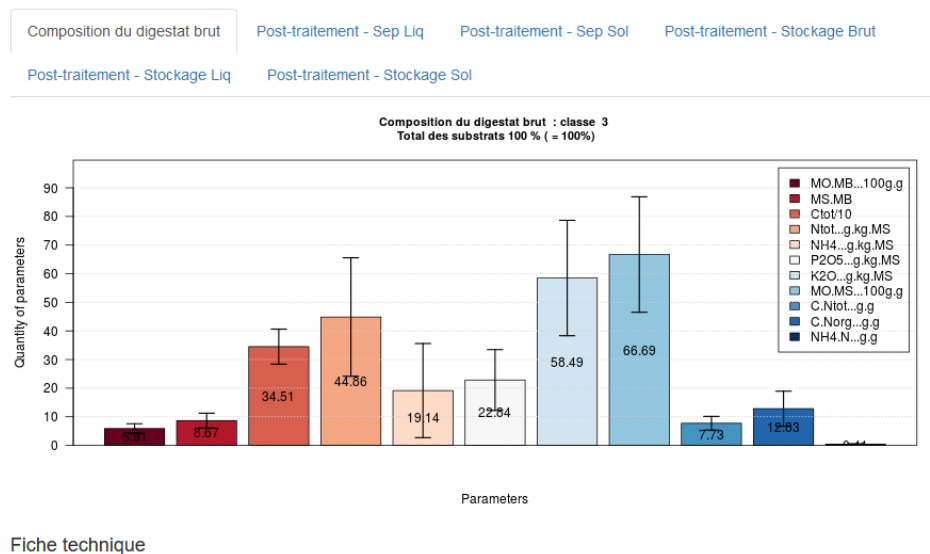
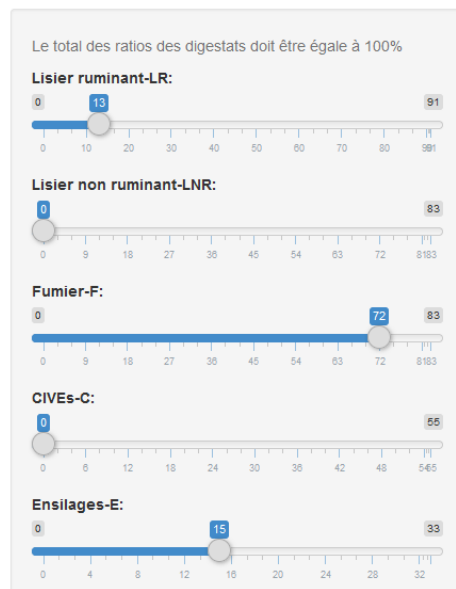


- **MS et N opposés; même classification pour MS et C/N**
- **Effet fertilisant augmente de classe 1 à classe 8**
- **Effet amendant diminue mais moins clair (pas de classification sur les teneurs en MO)**

➤ Outil Concept-Dig

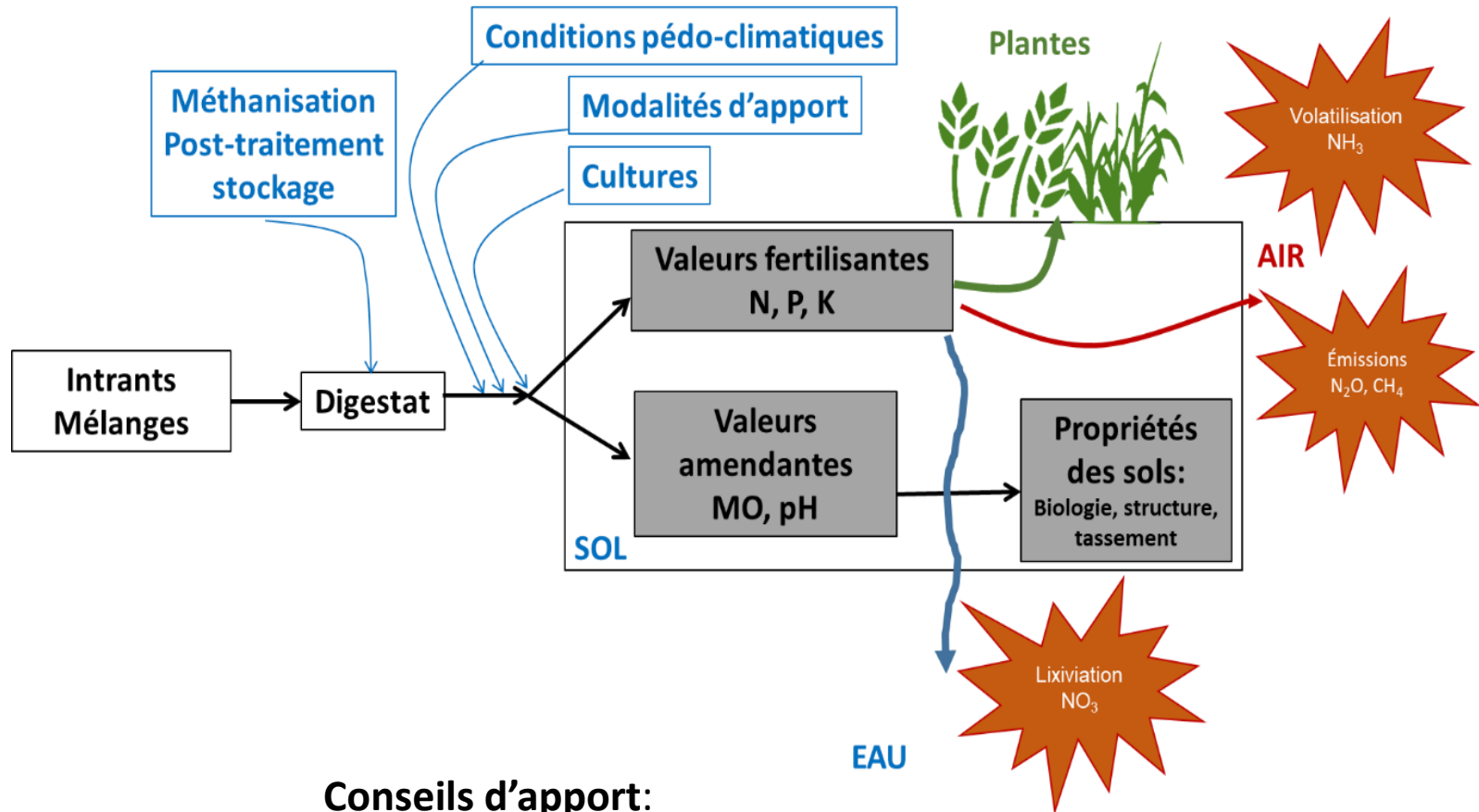
- Développement d'un outil pour prédire la composition des digestats à partir des intrants (Jimenez et al., en cours)
<https://vrossard.shinyapps.io/ConceptDig/>

ConceptDig!



- Consolidation dans le cadre du projet Fertidig (Ademe)
- Classes de digestats et prédiction de l'intérêt agronomique

➤ Intérêts des digestats: apport de fertilisants



Conseils d'apport:

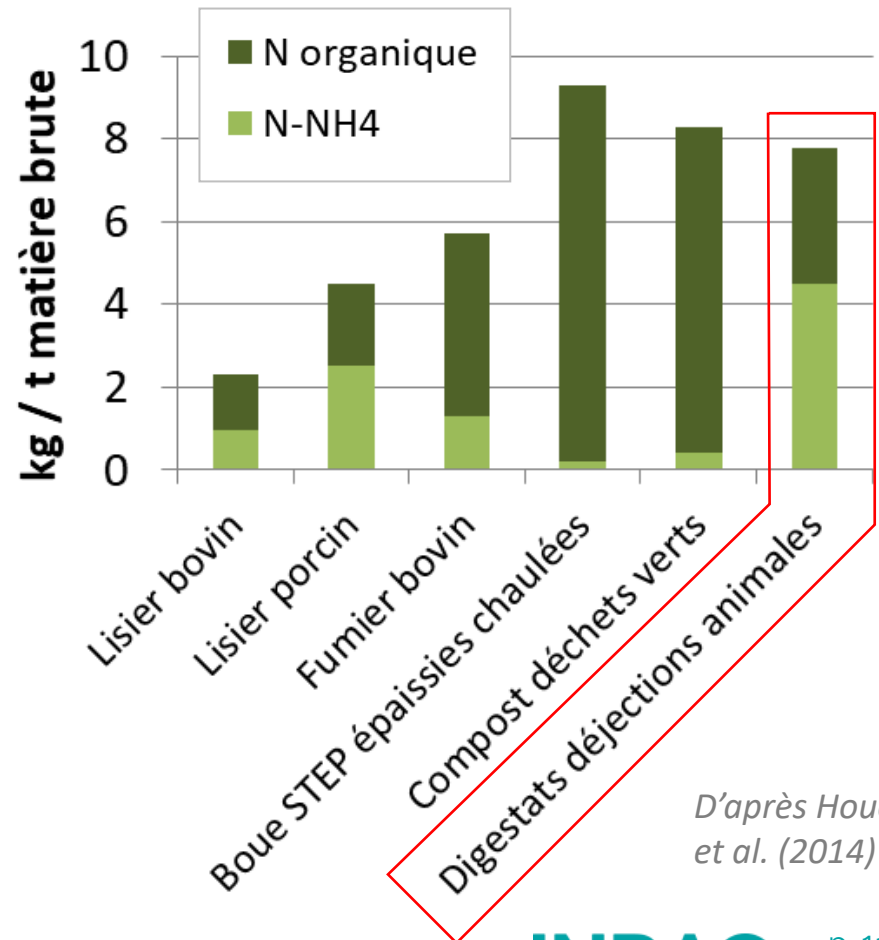
- Adapter aux besoins des plantes: doses et périodes d'apport pour limiter les excès d'azote et risques de pertes par lixiviation
- Modes d'apport pour limiter les pertes par volatilisation
- Guides de préconisation d'usage : APT, FertiDig

> Valeur fertilisante azotée

- Valeur fertilisante azotée à court terme d'un Produit Résiduaire Organique (PRO) : **N minéral** + minéralisation N organique

Digestats

- Teneur en azote assez élevée par rapport aux autres PRO
- Fraction de l'azote sous forme minérale élevée → azote immédiatement disponible pour les cultures
- Economie d'engrais minéral surtout en cas d'intrants extérieurs



D'après Houot et al. (2014)

> Valeur fertilisante azotée: équivalence aux engrais

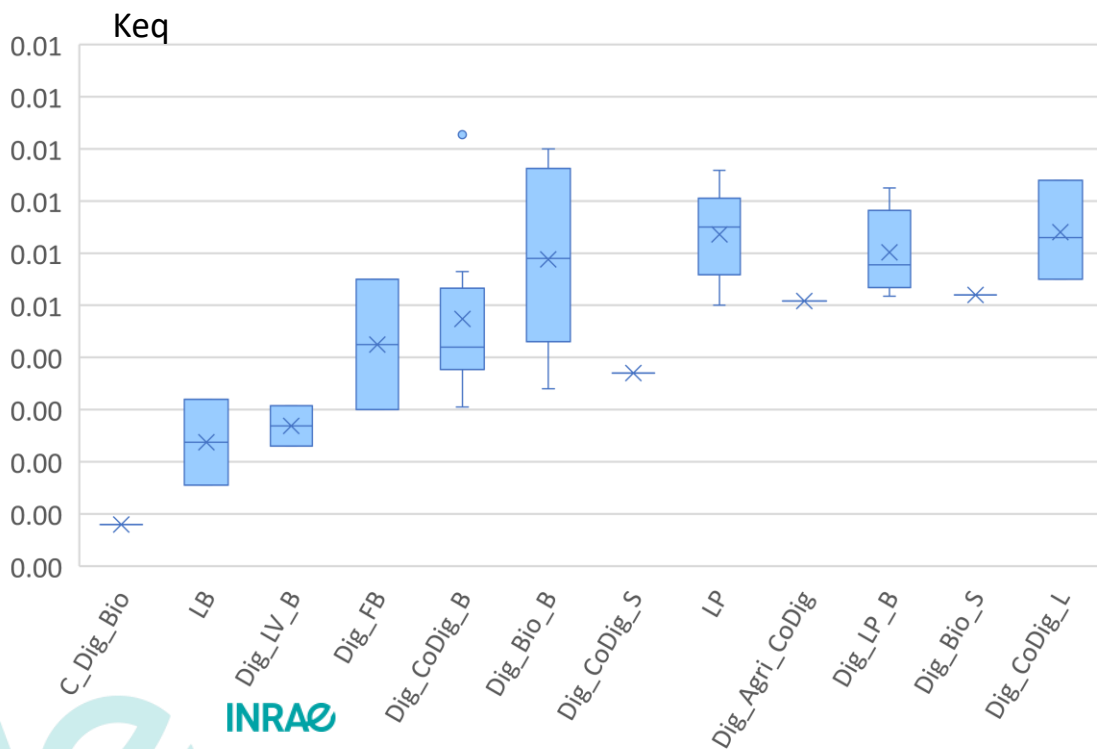


Comité Français d'Étude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée

Travail en cours

100 kg N digestat = Keq (%) kg N engrais

- La méthanisation augmente la disponibilité du N (Le compostage la diminue)
- Valeur fertilisante directement liée à la **teneur en N minéral**



Code figures	Nomenclature
C-Dig-Bio	Urbain_Compost_digestat_biodechets
LB	Effluent_Elevage_Lisier_bovins
Dig-LV-B	Effluent_Elevage_Digestat_lisier_volailles_brut
Dig-FB	Effluent_Elevage_Digestat_fumier_bovins
Dig-CoDig-B	Effluent_Elevage_Digestat_co-digestion_brut
Dig-Bio-B	Urbain_Digestat_biodechets_brut
Dig-CoDig-S	Effluent_Elevage_Digestat_co-digestion_solide
LP	Effluent_Elevage_Lisier_porc
Dig-Agri-CoDig	Autre_Agricole_Digestat_co-digestion
Dig-LP-B	Effluent_Elevage_Digestat_Lisier_Porc_brut
Dig-Bio-S	Urbain_Digestat_biodechets_solide
Dig-CoDig-L	Effluent_Elevage_Digestat_co-digestion_liquide

Keq < 0.3

Compost digestat biodéchets
Lisier bovins
Digestat litière volaille brut

Keq 0.3-0.6

Digestat fumier bovins
Digestat codigestion EE brut/solide
Digestat biodéchet brut

Keq ≥ 0.6

Lisier porcs
Digestats agri. codigestion brut
Digestat codigestion EE liq.
Digestat lisier porc brut
Digestat biodéchet solide (confirmer)

INRAE

22 juin 2022

> Valeur azotée et volatilisation ammoniacale

- Valeur fertilisante azotée à court terme fortement liée à la teneur en azote ammoniacale, généralement élevée → **importance de limiter la volatilisation**

Apport 20 m³/ha de digestat sur orge hiver AB

Chambre agriculture grand est, 2019

Buse palette

rendement : **35 qx/ha**



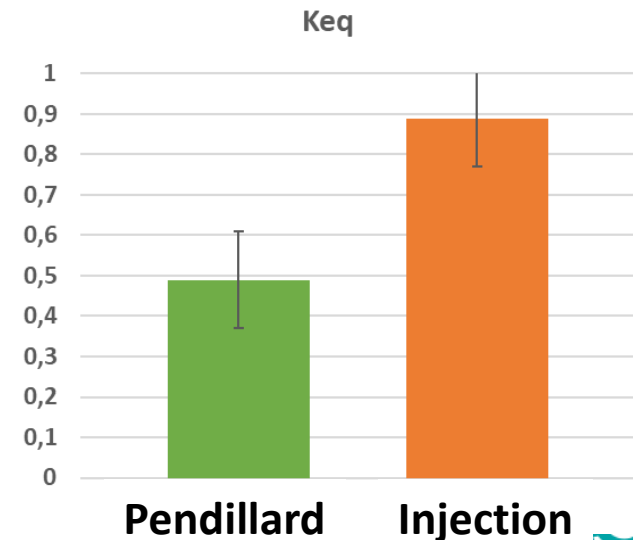
Pendillard

Rendement : **43 qx/ha**

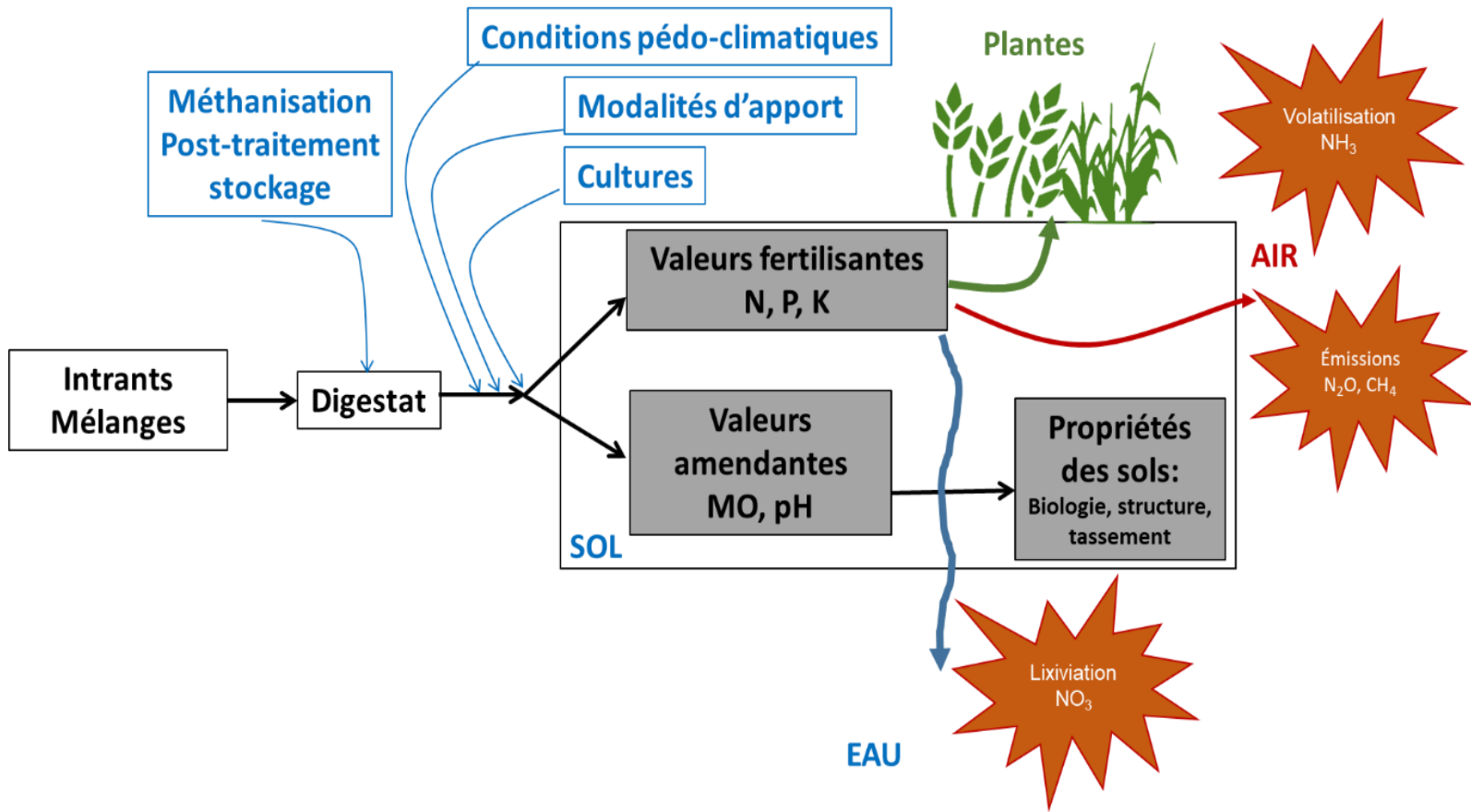


- **Importance de l'enfouissement** pour réduire la volatilisation

Decoopmann et al. (2017): essais CRAB

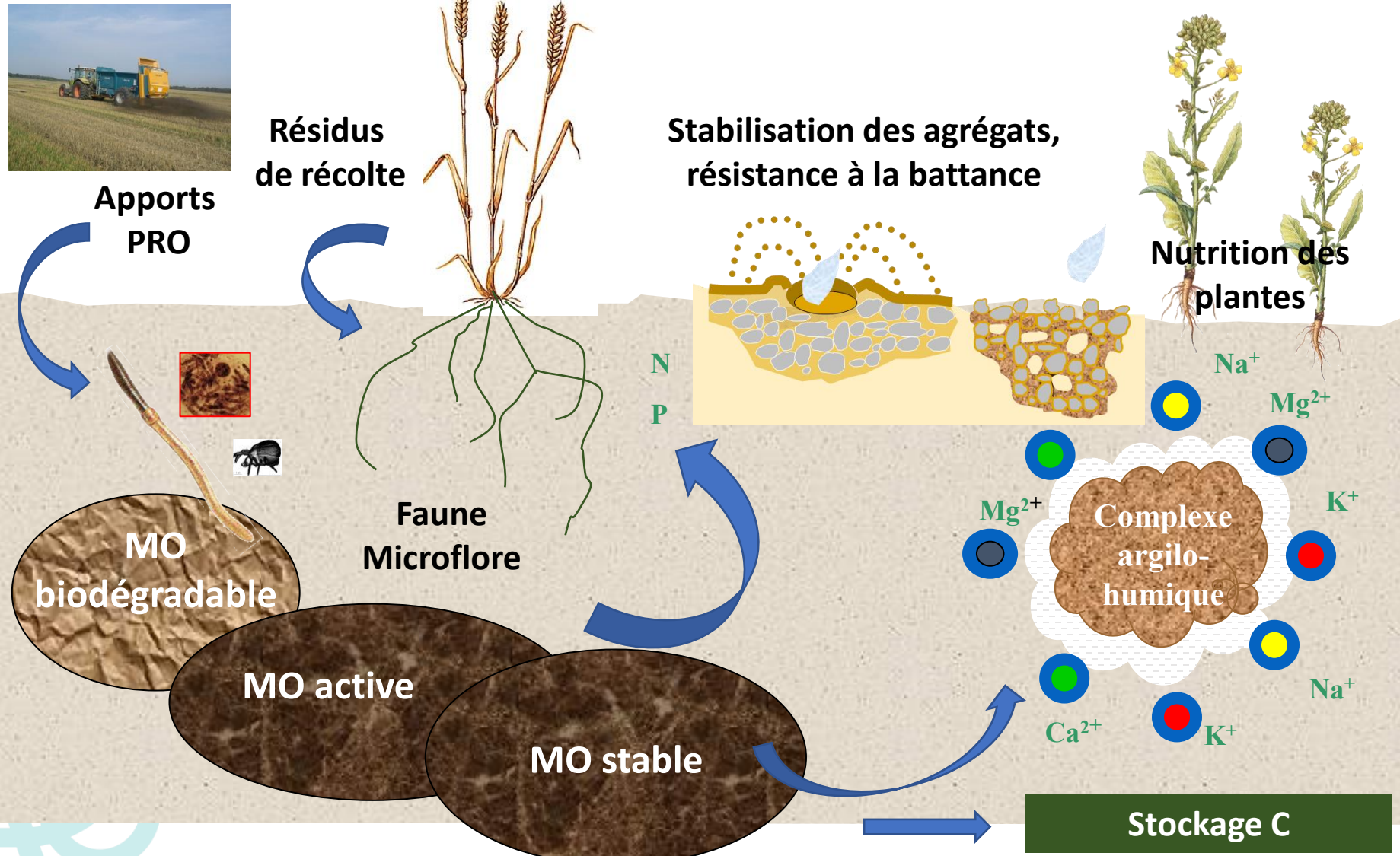


➤ Intérêts des digestats: apport de matière organique



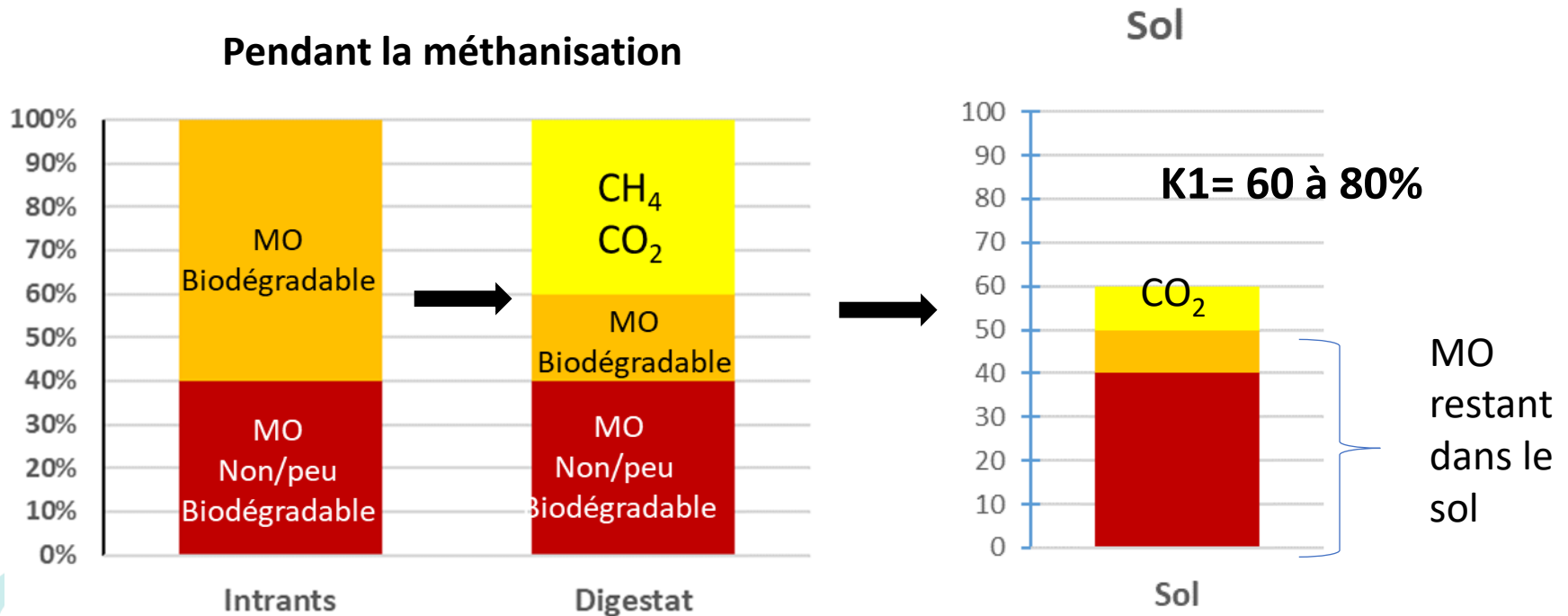
➤ Importance de la matière organique dans les sols

- **Rôle environnemental: stockage C**
- **Fertilité** chimique, physique des sols; **Activité biologique**



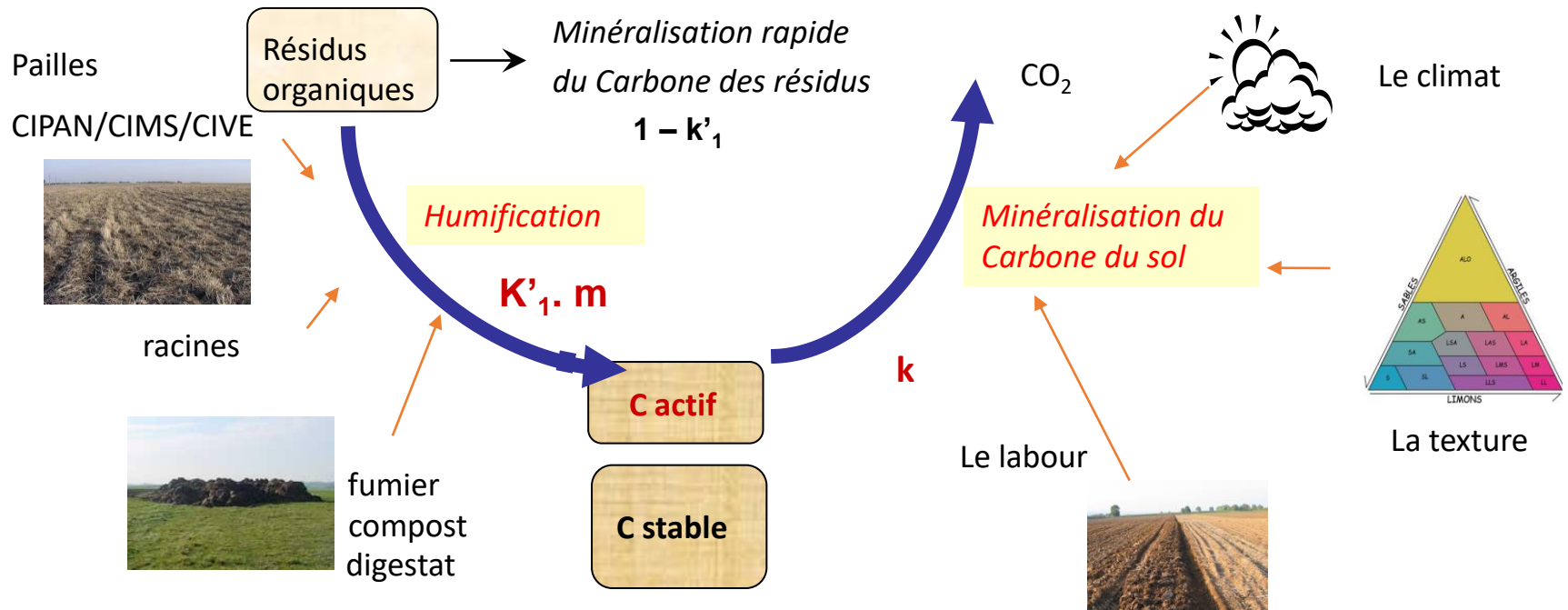
➤ Valeur amendante – matière organique

- Valeur amendante (capacité à augmenter la MO du sol), dépend :
 - Teneur en carbone organique du digestat
 - Stabilité du carbone
- Perte de carbone pendant la méthanisation : réduction de 50 % environ de la teneur en carbone par rapport aux intrants
- Après apport au sol → poursuite dégradation → MO restant : valeur amendante (coefficient isohumique, K_1)



➤ Dynamique de la matière organique dans les sols

- Un modèle simple de prédiction de l'évolution des stocks de MO: AMG (Andriulo, Mary, Guerif, 1999)



Les principes du calcul: $C_a \approx 33\% C_{org}$

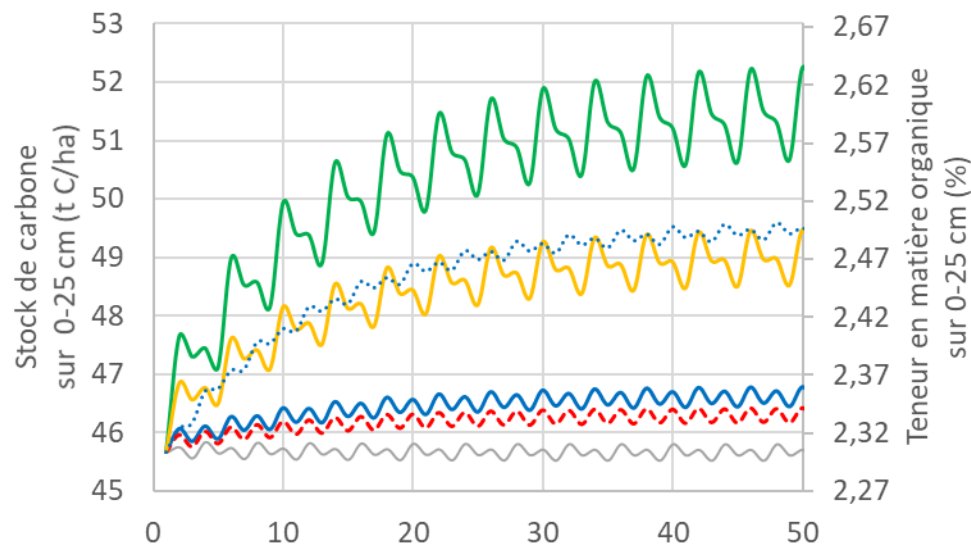
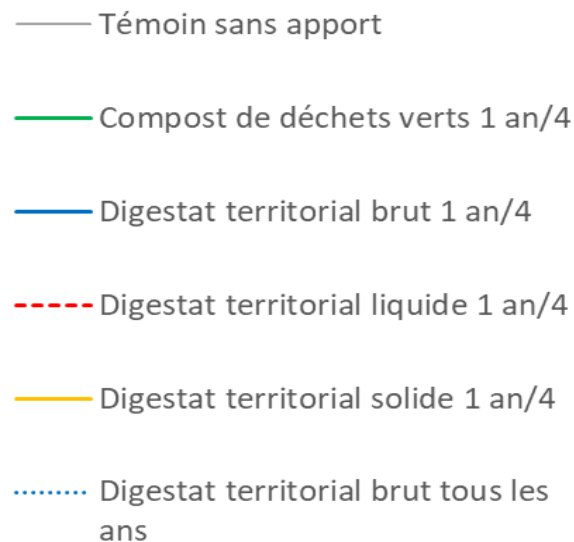
$$dC/dt = k'_1 \cdot m - k \cdot C_a$$

$k = 0.02$ à 0.06 fonction teneur argile, calcaire, travail du sol

➤ Valeur amendante des digestats: effet d'apports répétés

Importance de la fréquence d'apport et des caractéristiques des digestats

traitements	Fréquence (an ⁻¹)	Teneur C (% MB)	K ₁	Dose par apport		
				Matière brute (t MB/ha)	Carbone (t C/ha)	Carbone humifié (t C/ha)
Témoin sans apport	-	-	-	-	-	-
Compost de déchets verts	0,25	12	0,82	20	2,40	1,97
Digestat territorial brut	0,25	2,7	0,60	20	0,54	0,32
Digestat territorial liquide	0,25	1,5	0,73	20	0,30	0,22
Digestat territorial solide	0,25	9,8	0,58	20	1,96	1,14
Digestat territorial brut	1	2,7	0,60	20	0,54	0,32



> Conclusion

- Grande variabilité des digestats selon les intrants et le process
 - **Développer des typologies et des classes d'effet** (Concept-Dig, Fertidig)
- Valeur fertilisante azotée à court terme fortement dépendante de la teneur en azote ammoniacale
 - Importance des intrants extérieurs
 - Importance de limiter la volatilisation ammoniacale (enfouissement, bonnes conditions météo...)
 - A adapter aux besoins des plantes
 - **Mettre en place des guides de bonnes pratiques (APT, Fertidig)**
- Valeur amendante + élevée que les matières entrantes :
 - ne compense pas tout à fait la perte de carbone lors de la méthanisation
 - Efficacité dépend de la fréquence d'apport et des caractéristiques
- Impacts environnementaux:
 - volatilisation et lixiviation → bonnes pratiques
 - Tassement des sols → pratiques d'apport
 - Effets sur la biologie → Methabiosol
 - Contaminants et pathogènes: nombreux programmes en cours

➤ Merci de votre attention

